

トラス部材の疲労に着目した管理手法に関する検討

本州四国連絡高速道路株式会社 正会員 ○奥村 淳弘 正会員 溝上 善昭
 本州四国連絡高速道路株式会社 非会員 安部 真理子 非会員 大隅 俊陽
 本州四国連絡高速道路株式会社 正会員 香川 耀平 正会員 中山 和真

1. はじめに

瀬戸大橋では建設当時、亀裂進展を考えた疲れ設計法を採用し、耐用年数を100年と考え、その間に載荷される荷重と繰り返し回数において、破壊に至らない設計と製作を行った。設計では、疲労許容応力範囲を設定し、疲労設計荷重から発生する応力範囲を照査する。製作では、部材の重要度等から許容きず（建設当時は「溶接欠陥」という）寸法を規定し、厳格な品質管理が行われている。維持管理では、AUTによるきずの追跡調査を行い、平成12年度までの結果では、亀裂進展は確認されていない。

一方、現状では設計条件と比較し、新幹線荷重は載荷されず、在来線の運行本数も少ないことから、疲労環境としては安全側であると想定される。しかし、今後、長年にわたり道路鉄道併用橋として維持管理していくためには、疲労亀裂の進展の可能性が高い箇所を効率的にモニタリングする必要がある、AUTに代わる合理的な点検手法の確立が課題である。

本報では、現状の疲労環境を把握する基礎データ

を収集するため、疲労の影響が大きい吊橋主構弦材に対し、鉄道載荷時の挙動と疲労環境把握のため、ひずみゲージによる応力計測を行った。

2. 方法

図-1に調査橋梁とひずみゲージ貼付位置、対象とするきずの寸法と許容きず寸法を示す。計測橋梁は道路鉄道併用橋の鋼3径間連続補剛トラス吊橋である。計測部材は製作時の要求品質が高く、検査で比較的大きいきずがある箇所とし、計測は調査橋梁に列車が入ってから出るまでのひずみを連続計測した。

3. 結果

図-2に計測結果の例を示す。また、表-1に設計時との比較を示し、表-2に列車運行状況と累積損傷度を示す。最大の応力範囲が生じたのは、貨物列車（図-2(a)）の通過時で、下フランジで55MPaであり、設計時の疲労許容応力範囲の82%であった。繰り返し回数は貨物列車と旅客列車の合計で551万本/100年で設計想定73%であるが、疲労に厳しい貨物列車は29万本/100年と設計想定4%であった。これらより、疲労環境は、設計時の想定以下と推察される。

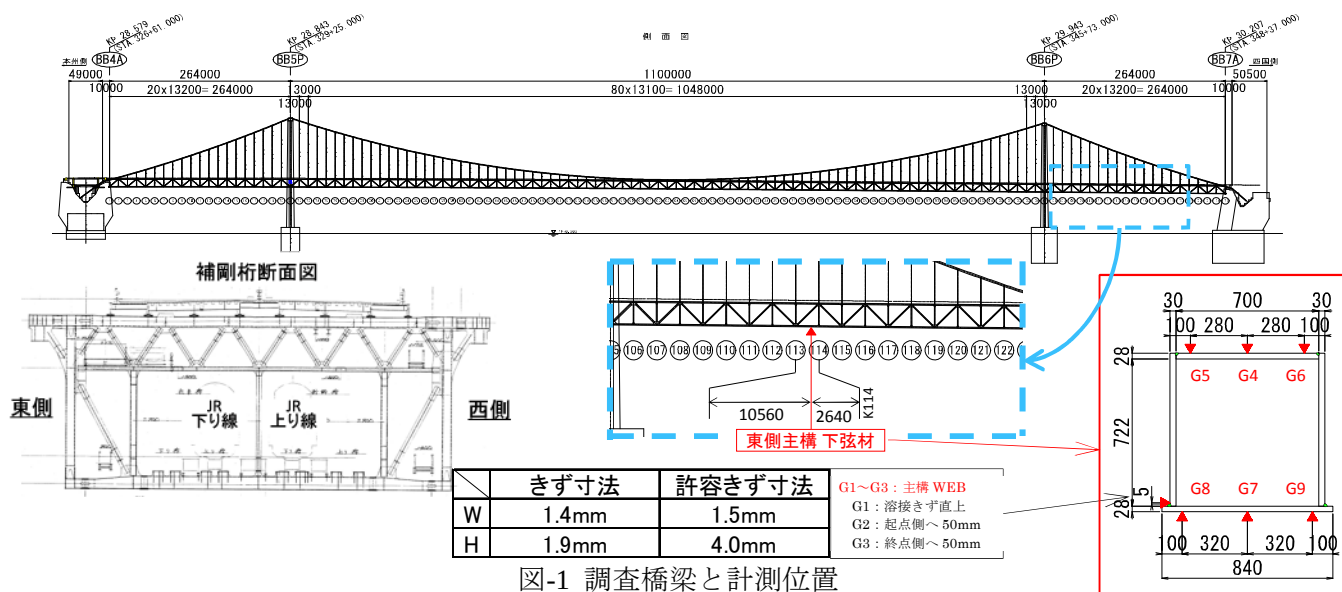


図-1 調査橋梁と計測位置

キーワード 道路鉄道併用橋、トラス部材、疲労、ひずみ計測、管理手法の検討

連絡先 〒651-0088 神戸市中央区小野柄通 4-1-22 アーバンエース三宮ビル 本州四国連絡高速道路(株) TEL 078-291-1075

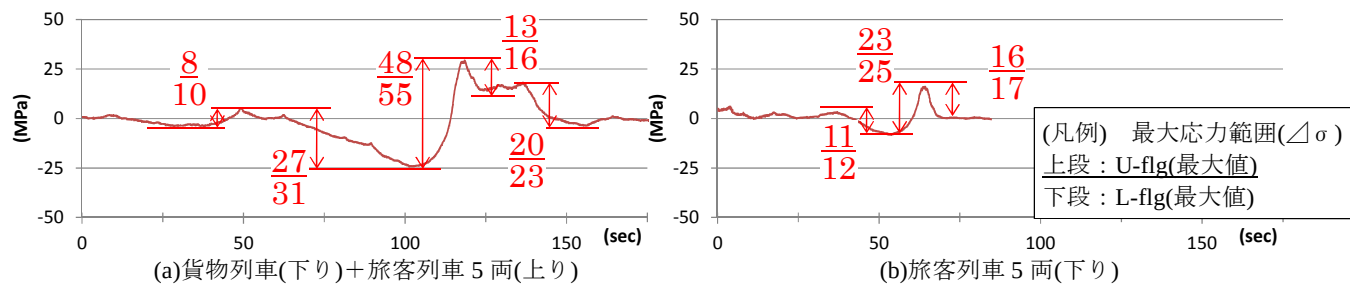


図-2 計測結果

表-1 設計時との比較

	設計	今回の計測(a)	今回の計測(b)
荷重編成	設計基準作成時の実績等により設定	貨物列車(下り)+旅客列車5両(上り)	旅客列車(下り)
荷重	(単線載荷*) 2.7ton/m×400m=1080ton(1.00)	(貨)900+(旅)218=1118ton(1.04)	218ton(0.02)
最大応力範囲($\Delta\sigma$)	(一次完成)62MPa(0.93) (最終完成)63MPa(0.94)	55MPa(0.82)	25MPa(0.37)
疲労許容応力範囲	67MPa(1.00)		
100年間の繰返し回数(N)	在来線:90本・片道/日 新幹線:14本・片道/日 104×2×365×100=760万本(1.00)	貨物列車 8本・片道/日×365×100 =29万本(0.04)	貨物列車以外 143本・片道/日×365×100 =522万本(0.69)

表-2 累積疲労損傷度

列車種別	運行回数	$\Delta\sigma$ 計測(MPa)	$\Delta\sigma$ 補正後(MPa)	D _{1year}
貨物(1+20)	8回/日 0.29×10 ⁶ 回/100year	10, 31, 55, 16, 23	15, 48, 85, 25, 35	5.7×10 ⁻⁴
旅客(7)	4回/日 0.15×10 ⁶ 回/100year		26, 54, 37	8.2×10 ⁻⁵
旅客(5)	93回/日 3.39×10 ⁶ 回/100year	12, 25, 17	18, 38, 26	6.6×10 ⁻⁴
旅客(4)	16回/日 0.58×10 ⁶ 回/100year		15, 31, 22	6.4×10 ⁻⁵
旅客(3)	25回/日 0.91×10 ⁶ 回/100year		11, 23, 15	3.8×10 ⁻⁵
旅客(2)	5回/日 0.18×10 ⁶ 回/100year		8, 15, 11	2.4×10 ⁻⁶
合計	151回/日 5.51×10 ⁶ 回/100year			1.4×10 ⁻³

次に、線形累積損傷則の考え方を適用し、疲労照査を行った。照査に用いる疲労設計強度はD等級とし、同時載荷係数として、設計時の1/0.65=1.54を用いた。また、旅客列車の編成の違いは、5両編成の旅客列車を基本とし、車両数に比例するものと仮定して、 $\Delta\sigma$ とした。その結果、1年間の累積疲労損傷度は 1.4×10^{-3} となり、疲労寿命は700年を超える結果となった。

4. まとめ

(1)応力範囲

- ・最大は貨物列車(下り)+旅客列車5両(上り)の通過時の55MPa(疲労許容応力範囲の82%)
- ・旅客列車5両(下り)の単線では25MPa(疲労許容応力範囲の37%)
- ・いずれも設計時の疲労許容応力範囲内である。

(2)運行本数

- ・設計時に想定した760万本/100年に対し、551万本/100年で73%となっている。
- ・疲労に厳しい貨物列車は全体の4%と極めて少ない。

(3)亀裂進展状況と疲労寿命

- ・貨物列車の応力範囲は許容値に近く、きずからの亀裂進展はないとは言えないが、貨物列車の運行本数は少なく、亀裂が短期間に大きく進展する状況ではない。
- ・予想される寿命は700年以上であり、疲労環境は設計時の想定以下の状況である。

今回は吊橋主構部材での結果であり、今後、斜張橋やトラス橋での列車走行時の応力範囲を把握し、橋梁形式ごとに疲労環境の評価を行う予定である。

5. 謝辞

本調査にあたり、坂野昌弘教授(関西大学)に多くの助言をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

1)本州四国連絡橋公団, 上部構造設計基準・同解説, 1980.6.
2)旭一穂, 竹名興英, 平野茂, 疲労許容応力の見直し, 本四技報 No.18, 1981.10.